



520.43160X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): K. ITO, et al.

Serial No.: 10/670,216

Filed: September 26, 2003

Title: MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC MEMORY  
APPARATUS

**LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

November 6, 2003

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby  
claim(s) the right of priority based on:

**Japanese Patent Application No. 2002-280153**  
**Filed: September 26, 2002**

A certified copy of said Japanese Patent Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

Melvin Kraus

Registration No.: 22,466

MK/rr  
Attachment

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年 9月26日  
Date of Application:

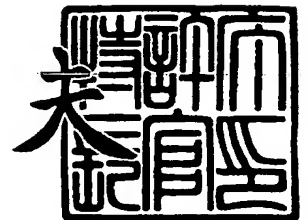
出願番号 特願2002-280153  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP2002-280153]

出願人 株式会社日立製作所  
Applicant(s):

2003年 9月29日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3079713

【書類名】 特許願

【整理番号】 H02011081A

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 9/00

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

    【氏名】 伊藤 顕知

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

    【氏名】 早川 純

【特許出願人】

    【識別番号】 000005108

    【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

    【識別番号】 100075096

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 作田 康夫

    【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 013088

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気記録媒体とそれを用いた磁気メモリ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に形成された導電性の電極膜上に、第 1 の磁性層、非磁性金属層、第 2 の磁性層がこの順に積層されてなる多層膜のナノ構造体、あるいは第 1 の磁性層、非磁性絶縁層、第 2 の磁性層がこの順に積層されてなる多層膜のナノ構造体が、互いに離間され実質的に均一な間隔で配置されているパターン型の磁気記録媒体と、上記ナノ構造体に対応するように離間して設けられ、先端に導電性チップを備えたカンチレバーがアレイ状に配置されたカンチレバーアレイとを有し、上記導電性チップを所望のナノ構造体に接触させて該導電性チップから注入される電流により情報を記録もしくは再生することを特徴とする磁気メモリ装置。

【請求項 2】

TMR 効果を示す多層膜、あるいは GMR 効果を示す多層膜からなる柱状ナノ構造体が、互いに離間され実質的に均一な間隔で配置されるように絶縁物で取り囲まれて、基板上に形成された導電性の電極膜上に設けられていることを特徴とするパターン型の磁気記録媒体。

【請求項 3】

TMR 効果を示す多層膜と GMR 効果を示す多層膜とが積層された多層膜からなる柱状ナノ構造体が、互いに離間され実質的に均一な間隔で配置されるように絶縁物で取り囲まれて、基板上に形成された導電性の電極膜上に設けられていることを特徴とするパターン型の磁気記録媒体。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の磁気記録媒体において、前記 TMR 効果を示す多層膜が第 1 の磁性層、非磁性絶縁層、第 2 の磁性層の順に積層された多層膜で構成され、前記 GMR 効果を示す多層膜が上記第 2 の磁性層、非磁性金属層、第 3 の磁性層の順に積層された多層膜で構成され、前記 TMR 効果を示す多層膜を構成する第 2 の磁性層が前記 GMR 効果を示す多層膜を構成する第 2 の磁性層を兼ねていることを特徴とする磁気記録媒体。

**【請求項 5】**

請求項 2 ないし 4 のいずれかに記載の磁気記録媒体において、前記 TMR 効果を示す多層膜または／および前記 GMR 効果を示す多層膜を構成する磁性層の一方の磁化の向きを一方向に固定する手段が設けられていることを特徴とする磁気記録媒体。

**【請求項 6】**

請求項 4 記載の磁気記録媒体において、前記第 3 の磁性層の磁化の向きを一方向に固定する手段が設けられていることを特徴とする磁気記録媒体。

**【請求項 7】**

請求項 5 ないし 7 記載の磁気記録媒体において、前記磁化の向きを一方向に固定する手段が、反強磁性体膜であることを特徴とする磁気記録媒体。

**【請求項 8】**

TMR 効果を示す多層膜、あるいは／及び GMR 効果を示す多層膜からなるナノ構造体が、互いに離間され実質的に均一な間隔で配置されるように絶縁物で取り囲まれて、基板上に形成された導電性の電極膜上に配置されているパターン型の磁気記録媒体と、上記ナノ構造体に対応するように離間して設けられ、先端に導電性チップを備えたカンチレバーがアレイ状に配置されたカンチレバーアレイとを有し、上記導電性チップを所望のナノ構造体に接触させて該導電性チップから注入される電流により情報を記録もしくは再生することを特徴とする磁気メモリ装置。

**【請求項 9】**

TMR 効果を示す多層膜、あるいは／及び GMR 効果を示す多層膜からなるナノ構造体が、互いに離間され実質的に均一な間隔で配置されるように絶縁物で取り囲まれて、基板上に形成された導電性の電極膜上に配置されているパターン型の磁気記録媒体と、上記ナノ構造体に対応するように離間して設けられ、先端に導電性チップを備えたカンチレバーがアレイ状に配置されたカンチレバーアレイとを用い、上記導電性チップを所定の前記多層膜ナノ構造体に接触させ、当該導電性チップから注入される電流により、前記多層膜の磁化を反転させ、前記多層膜の抵抗の高い状態を 1、抵抗の小さい状態を 0 として、デジタル情報の記録

を行うことを特徴する磁気記録方法。

【請求項 10】

TMR効果を示す多層膜、あるいは／及びGMR効果を示す多層膜からなるナノ構造体が、互いに離間され実質的に均一な間隔で配置されるように絶縁物で取り囲まれて、基板上に形成された導電性の電極膜上に配置されているパターン型の磁気記録媒体と、上記ナノ構造体に対応するように離間して設けられ、先端に導電性チップを備えたカンチレバーがアレイ状に配置されたカンチレバーアレイとを用い、上記導電性チップを所定の前記多層膜ナノ構造体に接触させ、当該多層膜の磁化が反転する電流しきい値より小さな電流を前記導電性チップから流し、それぞれの多層膜ピラーの抵抗の大小を検出することを特徴する信号再生方法。

【請求項 11】

基板上にTMR効果を示す多層膜、あるいはGMR効果を示す多層膜を形成する工程と、前記多層膜上にレジストパターンを形成する工程と、該レジストパターンをマスクに前記多層膜をエッチングする工程と、該レジストパターンを除去する工程と、前記エッチングされた多層膜上に無機絶縁膜を形成する工程と、前記無機絶縁膜をケミカルメカニカルポリッシング(CMP)による平坦化する工程を順次行い、互いに離間され実質的に均一な間隔で配置されるように無機絶縁物で取り囲まれた多層膜のナノ構造体が基板上に形成されたパターン型の磁気記録媒体を形成することを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 12】

請求項 11に記載の磁気記録媒体の製造方法において、前記レジストパターンを形成する工程が、前記レジストパターンとは別の基板上にあらかじめ所定のパターンが形成されている型を用いる工程を有することを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気記録媒体とそれを用いた磁気メモリ装置に関し、特に、磁気抵

抗効果を有する多層膜のナノ構造体を離散的に配置したパターン型磁気記録媒体と、この記録媒体からカンチレバーアレイを用いて情報を記録／再生する磁気メモリ装置に関するものである。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

磁気ディスク装置の面記録密度は増大の一途をたどり、2003年には1インチあたり100ギガビットに到達すると予想されている。しかしながら、現状の面内記録方式では、記録されるビット長が小さくなると、媒体に記録された磁化信号が熱揺らぎにより消失してしまうために面記録密度があげられない問題がある。この問題を解決するために媒体に垂直な方向に磁化信号を記録する垂直記録方式が注目されている。特に、磁気記録媒体として軟磁性裏打ち層を有する垂直記録媒体を用い、記録には単磁極ヘッドを用いる垂直記録方式は、熱揺らぎに強くしかも強い記録磁場を発生できる可能性を有しているので、将来の超高密度の磁気記録方式として期待を集めている。

#### 【0003】

例えば、2001年1月に米国、サンアントニオで開催された第8回のスリーエム・インターマグのジョイントコンファレンスのCA-01では、面記録密度60ギガビットパー平方インチの垂直記録が報告されている（例えば、非特許文献1参照）。

#### 【0004】

垂直記録方式においても、面記録密度の上昇とともに記録ビットが小さくなると、記録に用いる単磁極ヘッドの磁気記録媒体に対向する浮上面の面積を小さくする必要がある。しかし、単磁極ヘッドの浮上面の面積を小さくすると、ほぼその面積に反比例して発生できる磁界強度が減少し、十分な記録を行うことができなくなってしまう。これを解決する第1の方法は、単磁極ヘッドを構成する磁性材料の飽和磁束密度Bsを大きくことであるが、磁性材料の飽和磁束密度Bsの理論限界値は3.0テスラであり、現在用いられている材料の1.5倍に過ぎず、将来の高密度化に対応できない。

#### 【0005】

従来の磁気記録は、磁気記録媒体上を浮上して走行する誘導型磁気ヘッドによって発生される磁界により、磁気記録媒体の磁化を反転させることによって行われてきた。一方、近年、従来のダイナミック・ランダム・アクセスメモリ（DRAM）を置きかえる可能性を有する磁気ランダム・アクセスメモリ（MRAM）では、磁性膜/非磁性絶縁膜/磁性膜の多層構造を有するトンネル磁気抵抗効果（TMR）素子の一方の磁化を、このTMR素子の上下に互いに直交する方向に設けられた2つの金属配線に流れる電流が作る合成磁界を用いて反転させることにより記録を行う方式が採用されている（例えば、特許文献1参照）。しかしながら、MRAMにおいても、大容量化のためTMR素子のサイズを小さくすると磁化反転に要する磁界の大きさが大きくなり、たくさんの電流を金属配線に流すことが必要となり、消費電力の増加、ひいては配線の破壊を招いてしまうという課題が指摘されている。以上の事実は、磁気ディスク装置においても、MRAMにおいても、磁界を用いた磁化反転方式を採用する限り、高密度化に限界があることを示唆している。

#### 【0006】

磁界を用いずに磁化反転する方法として、導電性のチップを備えたプローブから磁気記録媒体に電流を流し、電流が流れた部分を加熱することにより磁気記録を行う方式が提案されている（例えば、特許文献2参照）。

また、二つのCuの電極の間にCo/Cu/Coの多層膜を含む直径130nmのピラーを形成し、このピラーに電流を流すことによりCo層の磁化を反転する記録方式の実験例が報告されている（例えば、非特許文献2参照）。

#### 【0007】

また、磁気記録を用いず超高密度記録再生装置を構成するアイデアもいくつか提案されている。例えば、先端に発熱用ヒーターが形成された32本×32本のカンチレバーアレイとポリカーボネートを用い、カンチレバー先端のヒーターを加熱してポリカーボネートに押し付け、ポリカーボネートを変形し穴をあけることにより記録する方式が提案されている（例えば、非特許文献3参照）。

#### 【0008】

##### 【特許文献1】



米国特許5734605号公報

【特許文献 2】

特開平5-206146号公報

【非特許文献 1】

第 8 回のスリーエム・インターマグのジョイントコンファレンスのCA-01

【非特許文献 2】

フィジカル・レビュー・レターズ、84巻、14号の3149から3152頁(Physical Review Letters, Vol.84, No.14, pp.3149-3152(2000))

【非特許文献 3】

アプライド・フィジクス・レターズ、77巻、20号の3299から3301頁(Applied Physics Letters, Vol. 77, NO. 20, pp.3299-3301(2000))

【 0 0 0 9】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来の提案には以下のような問題がある。

【 0 0 1 0】

例えば、プローブから磁気記録媒体に電流を流し、電流が流れた部分を加熱することにより磁気記録を行う方式では、磁気記録を通電電流のジュール熱で行うため、磁化反転に要する時間が長く、従来の磁気ディスク装置やMRAMのような高速記録ができないという課題がある。

【 0 0 1 1】

また、Co/Cu/Coの多層膜を含む直径130nmのピラーを形成し、このピラーに電流を流すことによりCo層の磁化を反転する記録方式では、記録に有する電流密度として、 $3 \times 10^7$  (A/cm<sup>2</sup>)程度が必要とされている。従って、このような大きな電流を従来のMRAMの金属配線で提供する場合、電流に対する耐性が大きなタングステン系材料を用いた配線の場合でも耐えうる電流密度は $1 \times 10^7$  (A/cm<sup>2</sup>)程度なので、配線の断面積を150nm角以下にすることができず、高密度化の障害となる。また、長い配線に大きな電流密度の電流を流す必要があるため、信頼性の面でも課題が生じる。

【 0 0 1 2】

また、カンチレバー先端のヒーターを加熱してポリカーボネートに押し付け、ポリカーボネートを変形し穴をあけることにより記録する方式も、やはり熱を用いるため、記録速度が数 $10\mu\text{s}$ と遅いという課題がある。この従来例では、合計1024本のカンチレバーによる並列記録により記録速度を上げることが提案されているが、個々のカンチレバーによる記録速度が遅いため、磁気ディスク装置のような高速記録はかなり困難であると考えられる。

#### 【0013】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明では、以下の手段を用いて、上記課題を解決する。

#### 【0014】

基板上に形成された導電性の電極膜上に、第1の磁性層、非磁性金属層、第2の磁性層の順に積層されたTMR効果を示す多層膜からなるナノ構造体、あるいは第1の磁性層、非磁性絶縁層、第2の磁性層の順に積層されたGMR効果を示す多層膜からなるナノ構造体が、互いに離間され実質的に均一な間隔で配置されているパターン型の磁気記録媒体と、これらナノ構造体に対応するように離間して設けられ、先端に導電性チップを備えたカンチレバーがアレイ状に配置されたカンチレバーアレイとを有し、所望の導電性チップを所望のナノ構造体に接触させて該導電性チップから注入される電流により所望のナノ構造体に情報を記録もしくは再生する。

特に磁気記録媒体を、TMR効果の多層膜あるいはGMR効果の多層膜を構成する磁性層の一方、例えば第1の磁性層もしくは第2の磁性層の磁化の向きを一方向に固定する手段を備えたもの、特にその手段として反強磁性膜を用いる。

#### 【0015】

さらに磁気記録媒体として、TMR効果を示す多層膜とGMR効果を示す多層膜とを組合せ、これらが積層されてなる多層膜が、互いに離間され実質的に均一な間隔で配置されるように絶縁体で取り囲まれた多数のナノ構造体とし、これら多数のナノ構造体が基板上に形成された導電性の電極膜上に設けられているパターン型磁気記録媒体を用いる。特に、TMR効果とGMR効果を組合わせた多層膜としては、第1の磁性層、非磁性電極層、第2の磁性層、非磁性絶縁層、第3

の磁性層がこの順に積層された多層膜で構成し、第2の磁性膜をTMR効果多層膜とGMR効果多層膜とで兼用させるのが、好適である。しかも、第3の磁性層上に該磁性層の磁化の向きを一方向に固定する手段を備えたもの、さらに、この磁化の向きを一方向に固定する手段として反強磁性体膜を用いたものとする。

#### 【0016】

上述した本発明の磁気メモリ装置において、導電性チップを磁気記録媒体の所定の多層膜ナノ構造体（ピラー）に接触させ、導電性チップから注入される電流により、所望の多層膜の磁化を反転させ、この多層膜の抵抗の高い状態を1、抵抗の小さい状態を0として、デジタル情報の記録を行う。さらにまた、多層膜の磁化が反転する電流しきい値より小さな電流を導電性チップから流し、それぞれの多層膜ピラーの抵抗の大小を検出して信号を再生する。

#### 【0017】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例を、図面を用いて説明する。図1に本発明を用いた磁気メモリ装置の一例を示す。図1(a)は、本発明による磁気メモリ装置の概略構成を表した図、図1(b)は、そのうち1本のカンチレバーと磁気記録媒体の一部分を拡大して示した図、図1(c)は、磁気記録媒体の概略構成を示す平面図である。図1において、101はカンチレバーアレイ、102はカンチレバー、103は磁気記録媒体、104はセル選択/信号処理回路部、105は導電性のチップ部である。106は導電性の電極層、107は第1の磁性層、108は非磁性の金属層、あるいは非磁性の絶縁層、109は第2の磁性層である。

#### 【0018】

ここでは、107、108、109の積層体からなる多層膜で柱状のナノ構造体（以下、ピラーと記す）を構成し、これら多層膜の柱状ナノ構造体114が図1(c)に示すように、互いに離間され実質的に均一な間隔で配置されている。110は多層膜柱状ナノ構造体（ピラー）の間に形成された絶縁部、111は基板、112は磁性のキャップ層、113は磁性の下地金属である。また114は、ひとつのピラーを示す。ここで、107、109で示された2つの磁性膜を構成する材料は、Co、Fe、Ni及びその合金を含む材料を用いることができる。また108が非磁性金

属層の場合、107、108、109の積層体でGMR効果を示す多層膜ピラーを構成し、この非磁性金属層の材料として例えばCuが望ましい。また108が非磁性の絶縁層である場合には、107、108、109の積層体でTMR効果を示す多層膜ピラーを構成し、この非磁性絶縁層の材料として、Al、Ta、Mg、Hf、Zr等の元素を含む酸化物、あるいはAl、Ti等の元素を含む窒化物等を用いることができる。

#### 【0019】

なお、図1は、本発明で用いるカンチレバーアレイとパターン型磁気記録媒体の概略構成を示し、拡大倍率が均一でないことは勿論のこと、図示されているカンチレバー及び多層膜ピラーの数も省略されている。これは他の図面でも同様である。

#### 【0020】

図2は、図1の磁気メモリ装置における記録再生動作の原理を示す図である。図1(b)のように、カンチレバー102の先端に設けられた導電性チップ105を所望の多層膜ピラーに接触させ、電圧を印加して電流を流す。最初、負の電流を流し、電流値を負から正の方向に変化させていくと、ある電流値 $I^+$ において、それまで磁化の方向が同じ向きであった二つの磁性層107、109のうち、一方の磁性層の磁化方向が180度回転し、磁化方向が互いに反平行となる。磁化方向が反平行になると、巨大磁気抵抗効果(GMR)効果により抵抗が増大する。この状態を”1”の状態とする。一方、最初正の電流を流し、電流値を正から負に変化させていくと、ある電流値 $I^-$ において、それまで磁化の方向が反平行であった二つの磁性層107、109のうち、一方の磁性層の磁化方向が180度回転し、磁化方向が同じ向きとなる。磁化方向が同じ向きになると抵抗値が減少し、元に戻る。この状態を”0”の状態とする。すなわち図2のように、電流-抵抗曲線が所謂ヒステリシスを持つ。

#### 【0021】

例えば、図1(b)の多層膜ピラーとして、その面積が20nm角で、磁性層107、109がCoFe、非磁性層108がCuで形成された試料の場合、 $I^+$ の値は80 $\mu$ A、 $I^-$ の値は150 $\mu$ Aであった。実際に記録・消去動作を行う場合は、電流の絶

対値を、 $I^+$ 、 $I^-$ の絶対値のそれぞれ 2 倍（20nm 角のピラーの場合は、それぞれ、 $+160\mu A$ 、 $-300\mu A$ ）に設定して記録・消去を行い、再生動作を行う場合は、電流値  $I$  を、 $I^+$ と  $I^-$ の間の値に設定して再生動作を行うのが望ましい。

#### 【0 0 2 2】

図 3 は、本発明で用いる磁気記録媒体の第 2 の例を示す図である。図 3 (a) は、本実施例における、1 本のカンチレバーと磁気記録媒体の一部分を拡大して示した図、図 3 (b) は、磁気記録媒体の概略平面図である。本実施例では、第 1 の磁性層 107 の下にこの磁性層の磁化の向きを一方向に固定する反強磁性体層 301 が設けられている。反強磁性体としては、例えば、 $Mn$ 、 $Pt$  をベースとする合金、あるいは  $Mn$ 、 $Ir$  をベースとする合金を用いるのが好適である。

#### 【0 0 2 3】

本実施例では、第 1 磁性層 107 の磁化方向が一方向に固定されるので、磁化方向が変化するのは専ら第 2 磁性層 109 となり、再生信号の出力が増大し、安定性も向上する。なお、図 3 では反強磁性体層 301 を第 1 磁性層 107 の下側に設けてあるが、これを第 2 磁性層 109 の上側に設け、第 2 磁性層 109 の磁化方向を一方向に固定した場合も、反強磁性体層を第 1 磁性層 107 の下側に設けた場合と同様の効果が得られる。

#### 【0 0 2 4】

図 4 は、本発明で用いる磁気記録媒体の第 3 の例を示す図である。図 4 (a) では、下地金属層 113 上に、第 1 の磁性層 401、非磁性絶縁層 402、第 2 の磁性層 403、非磁性金属層 404、第 3 の磁性層 405 が積層されている。この柱状ナノ構造体において、第 1 の磁性層 401、非磁性絶縁層 402、第 2 の磁性層 403 の 3 つの層は、トンネル磁気抵抗（TMR）効果を示す TMR 部を構成し、第 2 の磁性層 403、非磁性金属層 404、第 3 の磁性層 405 の 3 つの層は GMR 効果を示す GMR 部を構成し、本実施例は TMR 効果と GMR 効果を融合させた多層膜ナノ柱状構造体である。

#### 【0 0 2 5】

しかも、本実施例では、第 2 の磁性層が、TMR 部の磁性層と GMR 部の磁性層を兼用している。TMR 効果は、GMR 効果に比べ大きく、また TMR 部の抵

抗値は、GMR部の抵抗値に比べると2から4桁大きいので、抵抗変化のほとんどすべてはTMR部から得られる。

#### 【0026】

図4(a)の構造体の場合、TMR部の大きな抵抗変化を利用するためには、電流を通電して磁化が反転する磁性層としては第2の磁性層403である必要がある。このためには、第2の磁性層403の保磁力を、第1及び第3の磁性層の保磁力より小さくする必要がある、例えば、第2の磁性層としては、Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>合金の様に極めて軟磁気特性の良い材料を用い、第1、第3の磁性層としては、Co、Fe合金の様に、比較的保磁力の高い材料を用いる等の工夫を講じるのが好適である。

#### 【0027】

図4(b)の構造体では、この課題を解決するため、第1の磁性層401の下側、及び第3の磁性層405の上側に、第1、第3の磁性層の磁化を固定するための反強磁性層406、407を設けてある。反強磁性材料としては、前述のMn、Ptをベースとする合金ないしMn、Irをベースとする合金等を用いる。このようにすれば、第1、第3の磁性層の磁化はきっちり一方向へ固定できるので、磁性層の材料としては第1の実施例で用いた様々の材料を用いることが可能となる。従って、図4(b)の多層膜ナノ構造体では、第1の磁性層401と第3の磁性層405を磁化方向が固定された固定層として作用し、磁性層403が外部の磁界に応じて磁化方向が回転する自由層として作用する。

#### 【0028】

以下、図4(b)に示した、柱状ナノ構造体を例にして、より具体的にその材料構成と特性について述べる。下部下地層113としてCu、反強磁性層406としてPtMn合金、第1の磁性層401としてCoFe合金、非磁性絶縁層402として酸化Al、第2の磁性層403としてCoFe合金、非磁性金属層404としてCu、第3の磁性層405としてCoFe合金、反強磁性層407としてIrMn合金、上部キャップ層112としてCuを用いた。この構造体の抵抗値を主に決めるAl酸化物層402の厚さは1.2nmとし、キャップ層112から下地層113に至る多層膜構造体の面積あたりの抵抗は約 $4\Omega \cdot \mu\text{m}^2$ である。本多層膜構造体も20nm角のピラーに

加工されているので、実際のピラー部の抵抗は $10\text{ k}\Omega$ である。この多層膜ピラーに $200\mu\text{ A}$ の電流を流したところ、抵抗値が $12\text{ k}\Omega$ と約20%増大し、記録状態が”0”から”1”に変化した。また、逆向きに、やはり $200\mu\text{ A}$ の電流を流したところ、抵抗値は元の $10\text{ k}\Omega$ に戻り、記録状態が”1”から”0”に変化した。記録に用いた電力は $0.4\text{ mW}$ であり、従来のハードディスク装置において記録に必要な電力（ $1\text{ W}$ 以上）、あるいは、既に報告されている1メガビットのMRAMの、一つのメモリセルあたりの電力（数 $\text{ mW}$ ）に比べて、けた違いに小さく、本実施例の方式が、低電力化に大きな効果があることがわかった。

#### 【0029】

”0”及び”1”状態の識別は、この多層膜ピラーに導電性チップ105により $20\mu\text{ A}$ の電流を通電して行い、”0”及び”1”状態で $40\text{ mV}$ の出力差を検出できた。この値は、現在製品化されているダイナミック・ランダム・アクセスメモリの出力 $100\text{ mV}$ に比べると小さいが、ハードディスク装置に搭載されている磁気ヘッドからの出力（ $1\text{--}2\text{ mV}$ ）に比べると1桁以上大きく、十分検出に耐えうる出力であることが分かった。

#### 【0030】

図5(a)は、本発明で用いたカンチレバーの一例を示す平面図である。501はカンチレバーの先端に設けられた導電性チップ（カンチレバーの裏面に形成）、502は導電性チップ501に電流を導くための配線であり、503、504はレバーの姿勢を検出、制御するための圧電素子、505、506はそれぞれ圧電素子503、504に電圧を供給し、かつ出力検出するための配線、507は共振周波数を向上するために真中がくりぬかれたレバー部である。

#### 【0031】

図5(b)は、本発明で用いたカンチレバーアレイの一部を取り出したものである。カンチレバーアレイは、記録媒体として離散的に配置された多層膜ナノ構造体（多層膜ピラー）の内の所定のナノ構造体に対応するように、先端に導電性チップ501を備えたカンチレバーがアレイ状に配置されて構成される。

#### 【0032】

図において、508はカンチレバー507の先端に設けられた導電性チップに電流を

供給するために設けられた配線であり、509、510、511、512は圧電素子503、504に電圧を印加するための配線である。509、511は圧電素子503に電圧を印加する配線であり、配線505の一端がそれぞれ直交する配線509、511に接続されている。510、512は圧電素子504に電圧を印加する配線であり、配線506の一端がそれぞれ直交する配線510、512に接続されている。以下、509をビット線1、510をビット線2、511をワード線1、512をワード線2と記述する。なお図5(b)では、配線は左上の一つのカンチレバーに対してしか描かれていないが、他のすべてのカンチレバーに対しても同様の配線が設けられている。

### 【0033】

図6は、記録及び再生動作を行う所望のカンチレバーを選択する方式を示した図である。ここで601はワード線1(図5(b)の511)に電圧を供給する配線、602はワード線2(図5(b)の512)に電圧を供給する配線、603はビット線1(図5(b)の509)に電圧を供給する配線、604はビット線2(図5(b)の510)に電圧を供給する配線、605は共通のグラントである。図6で、配線601、602につながっている列選択スイッチ群において、(a)で示された二つのスイッチのみがONになっている。これにより、特に選択されたワード線608、609のみに電位Vが与えられるている。

### 【0034】

一方、配線603、604につながっている行選択スイッチ群において、(b)で示された二つのスイッチのみが、グラントに接続され、特に選択されたビット線606、607のみグラント電位となっている。そのほかのビット線には、すべて電位Vが与えられている。これにより、(c)で示された二つの圧電素子にのみ電位差Vが与えられ、この電位差により圧電素子が歪み、その圧電素子が搭載されているカンチレバーの導電性チップが、記録媒体の所望の多層膜ピラーにコンタクトする。

### 【0035】

そして、選択された所望の多層膜ピラーに配線502を通じて電流が通電され、記録再生動作が行われる。媒体へのコンタクトするためカンチレバーに印加される力は、与える電位Vによってコントロールすることができる。また、媒体の凹凸等でカンチレバーの姿勢が左右に歪む場合には、配線601、602、あるいは配線



603、604へ与える電位を同一の値とせず、その大きさに差を設けてカンチレバー507へ与えられる力のバランスを調整して、姿勢を制御することが可能である。

#### 【0036】

以下、本発明の磁気メモリ装置の性能について述べる。カンチレバーのこのような運動に要する時間は、カンチレバーの共振周波数及び圧電素子の応答速度に依存するが、例えば、図5において各カンチレバーの長さ $L$ 、及び幅 $W$ を $5\mu\text{m}$ とした場合、その応答速度は $0.1\mu\text{s}$ 以下であり、十分高速の応答が可能である。また、その先端に設けられた導電チップ501からの電流の注入による磁化反転に要する速度、及び再生信号検出に要する時間は、いずれも $10\text{ns}$ 以下である。

#### 【0037】

従って、本発明の磁気メモリ装置の転送速度は、1本のカンチレバーあたり $10\text{Mbps}$ 以上であり、仮に $1000$ 本のカンチレバーを配置して、並列転送を行えば、装置全体の転送速度は $10\text{Gbps}$ と、現在の磁気ディスク装置以上の高速転送化が可能となる。また、メモリの記録容量に関しては、例えば図1のように $20\text{nm}$ 角の多層膜ピラーを、2次元状に、 $20\text{nm}$ の間隔で並べて形成した場合、 $2.3\text{cm}$ 角の媒体チップ上に、 $100\text{GB}$ という、製品化されているフラッシュメモリの $100$ 倍以上の大容量化が実現できる。

#### 【0038】

図7は、本発明のパターン型媒体を製造する方法の一例を示す図である。まず、図7(a)のように、電子線描画を用いて電子線描画レジスト709を所望の形状にパターンニングし、 $\text{Ar}$ イオン701を用いたイオンミリング等によって、原盤702をパターンニングする。形成するパターンとしては、幅が $5\text{nm}$ から $30\text{nm}$ の線状パターンが $5\text{nm}$ から $30\text{nm}$ の間隔で均一に離間して縦横に直交配置されたパターンとし、より好ましくは、幅 $20\text{nm}$ 以下の線状パターンである。

#### 【0039】

続いて、図7(b)のように、導電性の電極層706上に後で柱状ナノ構造体になる所望のTMR効果または／及びGMR効果を示す多層膜705を順次成膜する。そして、その上に紫外線硬化型のレジスト樹脂704を形成し、紫外線703を照射

しながら前記のパターニングした原盤702をおしつけて、レジスト樹脂に原盤のパターンを転写する。

#### 【0040】

次に、図7(c)のように、反応性イオンエッチングガス707を用いて、多層膜705をエッチングして、離散的に配置した多層膜の柱状ナノ構造体を形成し、その後レジスト樹脂704を剥離する。

#### 【0041】

最後に、図7(d)のように、柱状ナノ構造体の間に非磁性の絶縁体材料708を充填するように成膜し、最後にケミカル・メカニカル・ポリッシュ(CMP)法により媒体を平坦化して媒体作製を完了する。これにより、絶縁体材料708で取り囲まれ、5nmから30nmの間隔で均一に離間して配置された、5nm角から30nm角の多層膜柱状ナノ構造体が、導電性電極層上に形成されたパターン型の記録媒体を作製できる。

#### 【0042】

##### 【発明の効果】

以上説明した様に、本発明によれば、大容量で、超高速転送速度というハードディスク装置の長所と、超小型で低消費電力という半導体メモリの長所を兼ね備えた磁気メモリ装置を提供できる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明を用いた磁気メモリ装置の一例を示す図であり、(a)は、磁気メモリ装置の全概略構成を表し、(b)は、そのうち1本のカンチレバーと磁気記録媒体の一部分を拡大して示し、(c)は磁気記録媒体の概略平面図を示す。

##### 【図2】

図1の磁気メモリ装置の記録再生動作の原理を示す図である。

##### 【図3】

本発明の磁気記録媒体の第2の例を示す図である。

##### 【図4】

本発明の磁気記録媒体の第3の例を示す図であり、(a)は1本のカンチレバー

と磁気記録媒体の一部分を拡大して示し、(b)は磁気記録媒体の概略平面図を示す。

【図5】

(a)は、本発明で用いたカンチレバーの平面図である。(b)は、本発明で用いたカンチレバーアレイの一部を取り出した図である。

【図6】

記録及び再生動作を行うカンチレバーを選択する方式を示した図である。

【図7】

本発明のパターン型媒体を製造する方法の一例を示した図である。

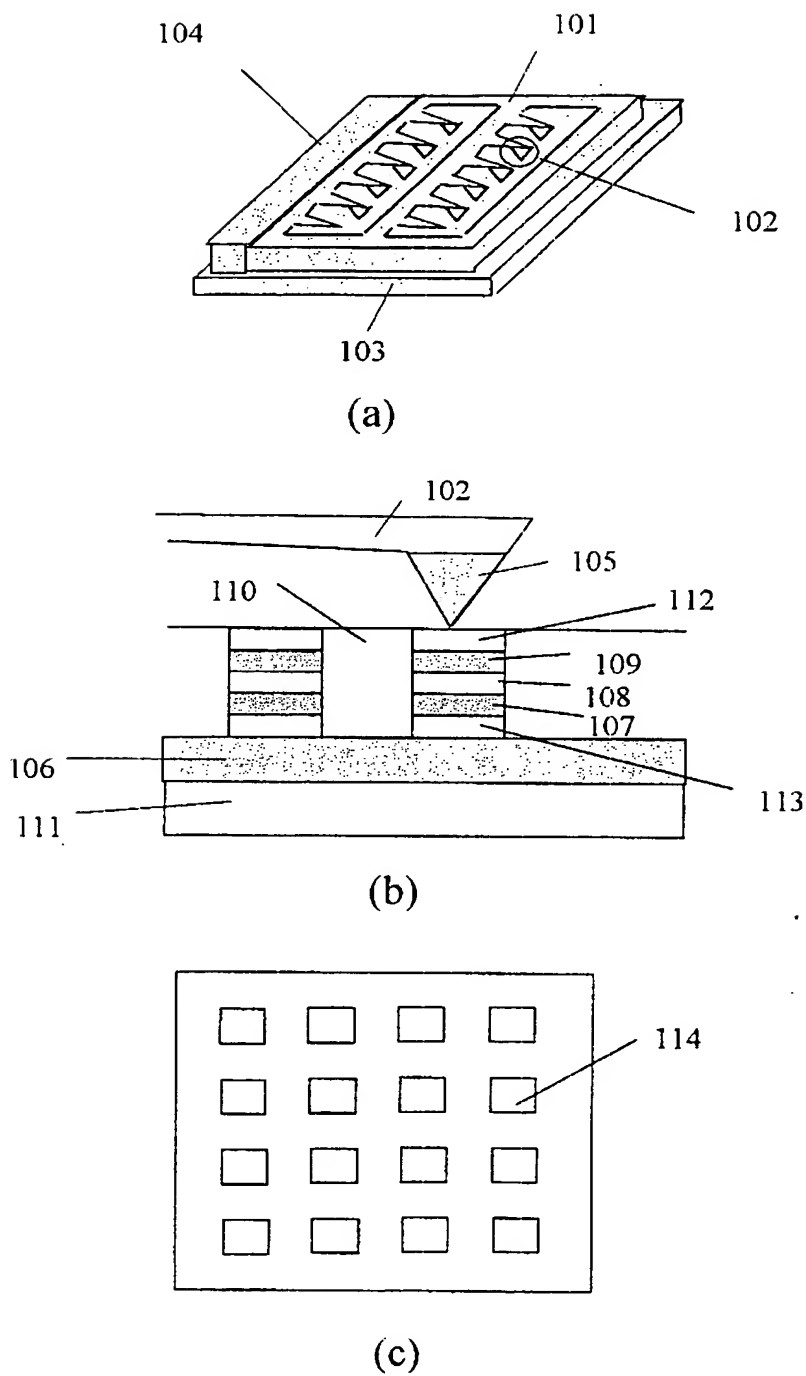
【符号の説明】

101 カンチレバーアレイ、102 カンチレバー、103 磁気記録媒体、104 セル選択/信号処理回路部、105 導電性チップ部、106 導電性電極層、107 第1の磁性層、108 非磁性金属層または非磁性絶縁層、109 第2の磁性層、110 絶縁部、111 基板、112 キャップ層、301 反強磁性体層、401 第1の磁性層、402 非磁性絶縁層、403 第2の磁性層、404 非磁性金属層、405 第3の磁性層、406、407 反強磁性層、501 カンチレバーチップ、502 配線、503、504 圧電素子、505、506 配線、507 レバー部、509、510、511、512 配線、601、602、603、604、605 配線、701 イオンビーム、702 原盤、703 紫外線、704 レジスト樹脂、705 多層膜、706 導電性電極層、707 反応性イオンエッチングガス、708 絶縁体、709 電子線描画レジスト。

【書類名】 図面

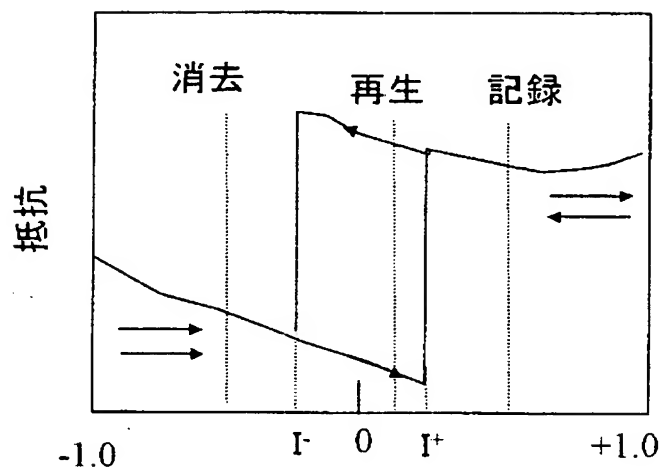
【図 1】

図 1



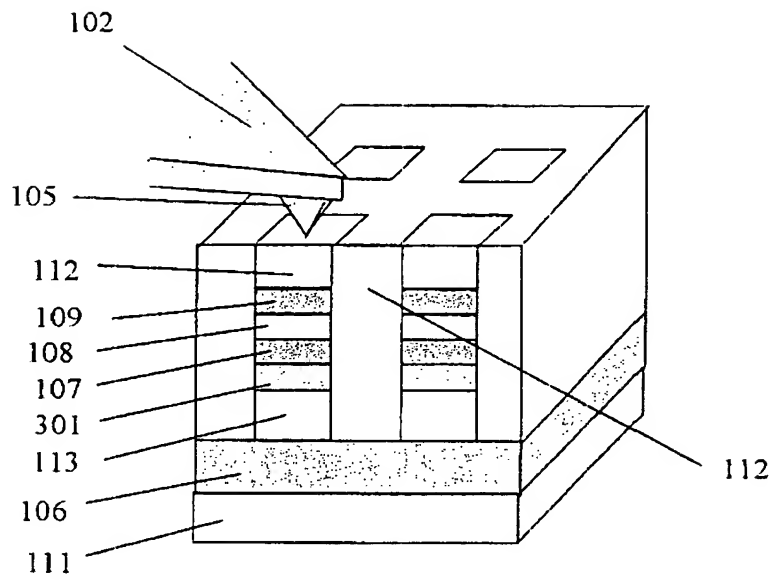
【図 2】

図 2

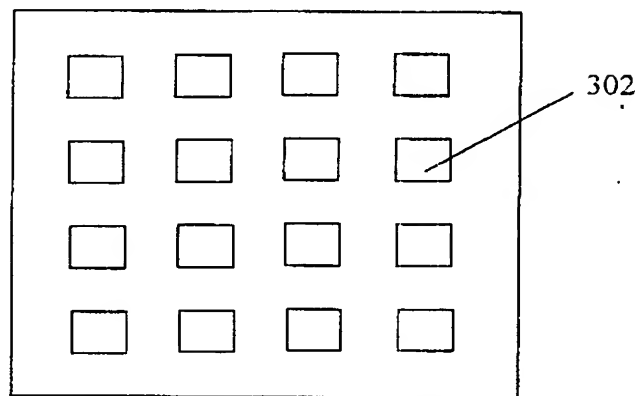


【図 3】

図 3



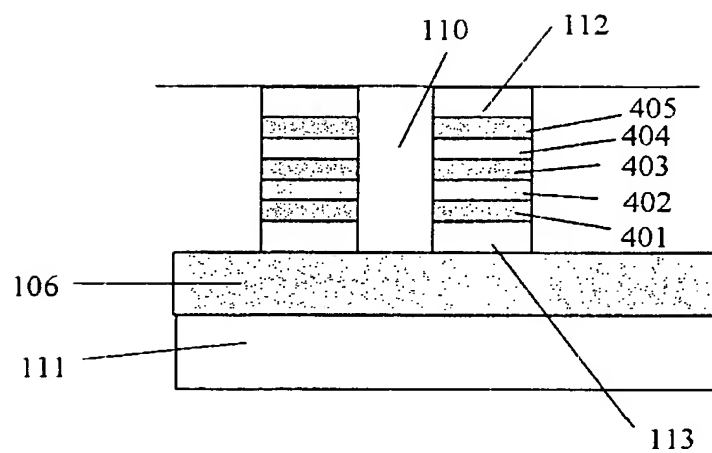
(a)



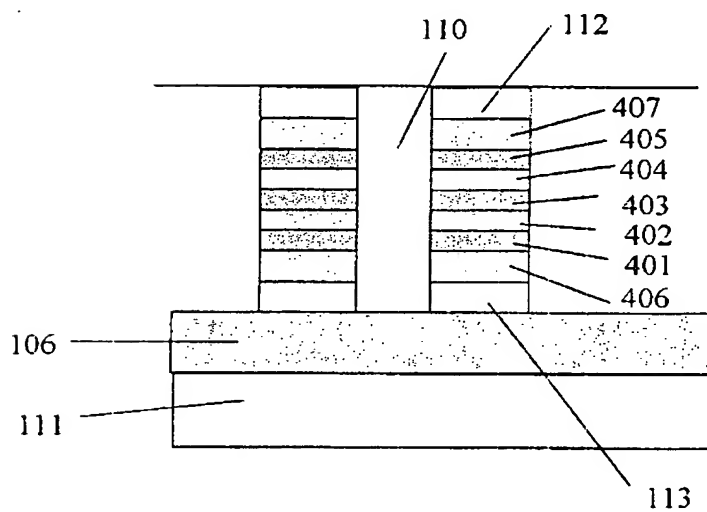
(b)

【図 4】

図 4



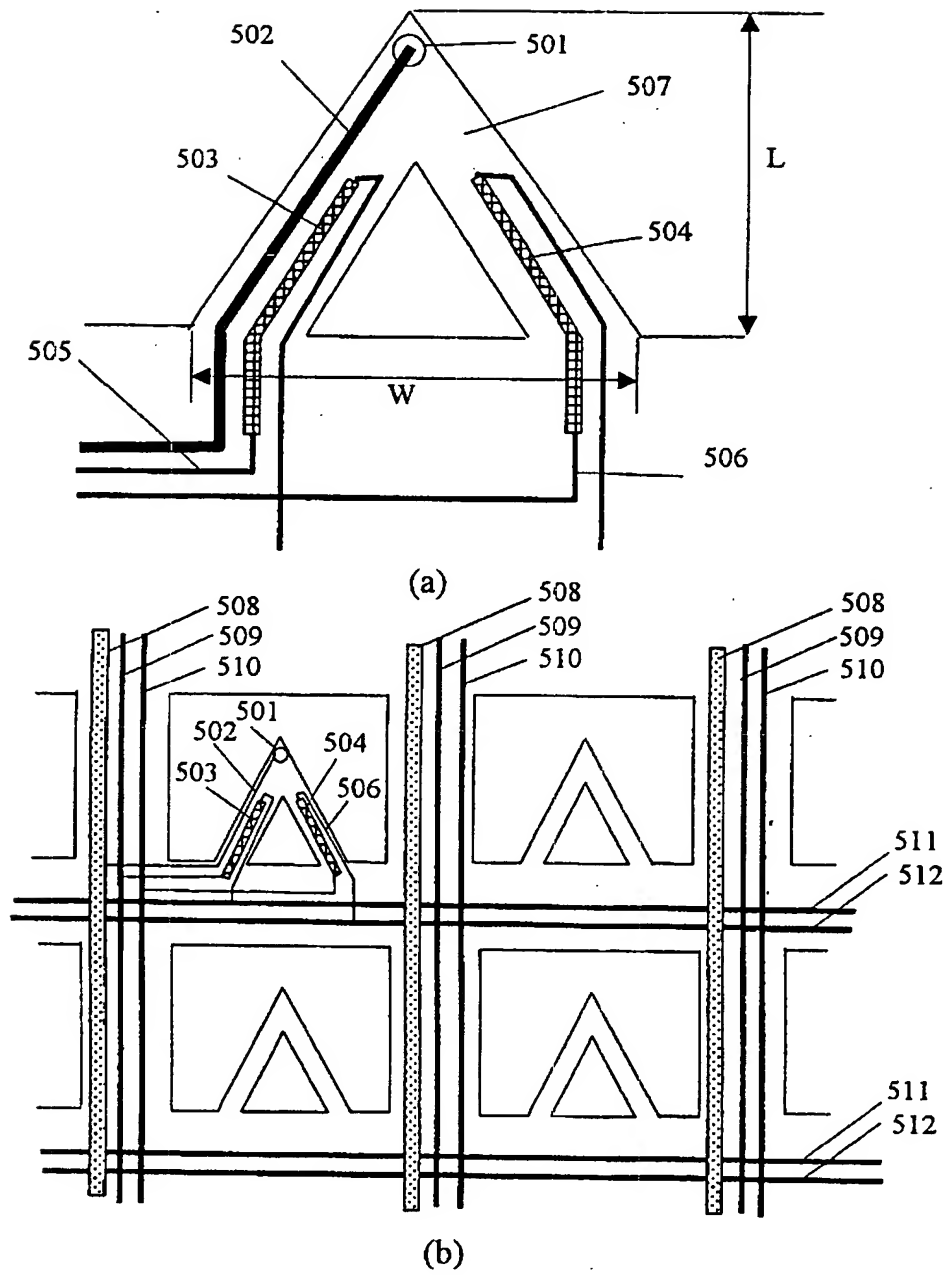
(a)



(b)

【図 5】

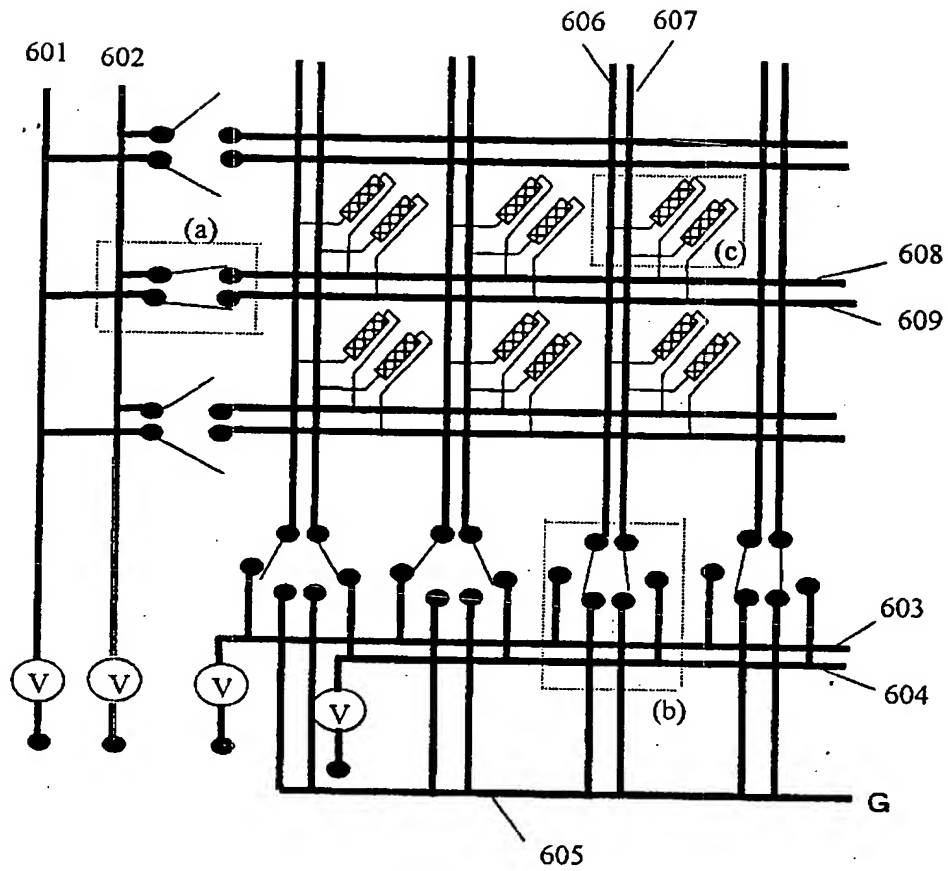
図 5





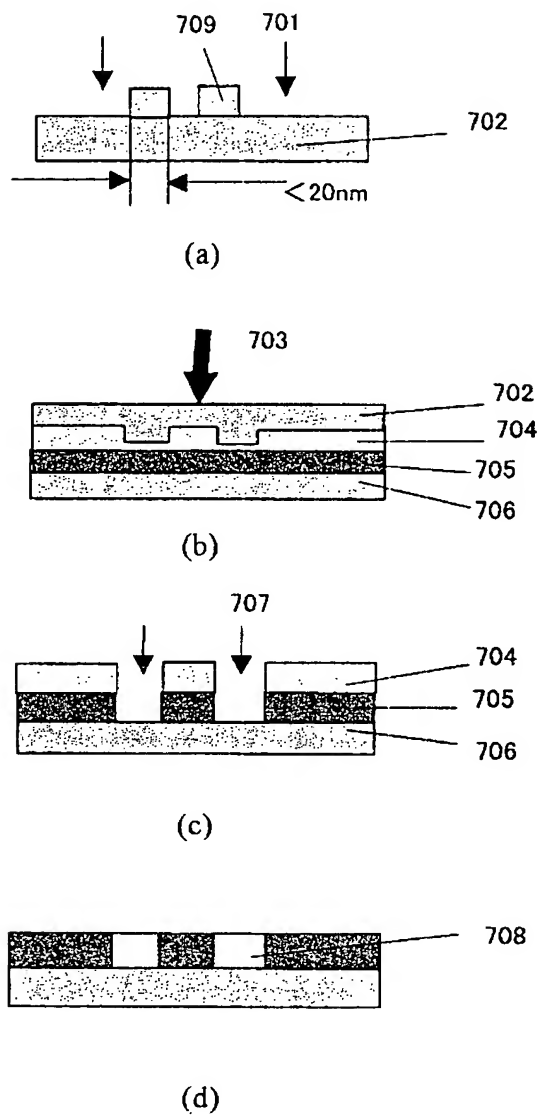
【図 6】

図 6



【図 7】

図 7





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 超小型、超高記録密度かつ超大容量、高転送速度、低消費電力の磁気固体メモリ装置を提供する。

【解決手段】 基板上に形成された導電性の電極膜上に、第1の磁性層、非磁性金属層、第2の磁性層からなる多層膜、あるいは第1の磁性層、非磁性絶縁層、第2の磁性層からなる多層膜が、離散的に配置されているパターン型の磁気記録媒体と、先端に導電性のチップを備えた複数本からなるカンチレバーアレイとを備えた磁気メモリ装置を構成する。これにより、大容量で、超高速転送速度というハードディスク装置の長所と、超小型で低消費電力という半導体メモリの長所を兼ね備えた磁気固体メモリ装置を提供できる。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 8 0 1 5 3
受付番号	5 0 2 0 1 4 3 6 8 1 7
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 4 年 9 月 2 7 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年 9月26日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 2 - 2 8 0 1 5 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 1 0 8 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地

氏 名

株式会社日立製作所